



DE 100 02 106 A 1

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 02 106 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
G 01 J 3/36
G 01 N 21/31
H 01 J 61/95

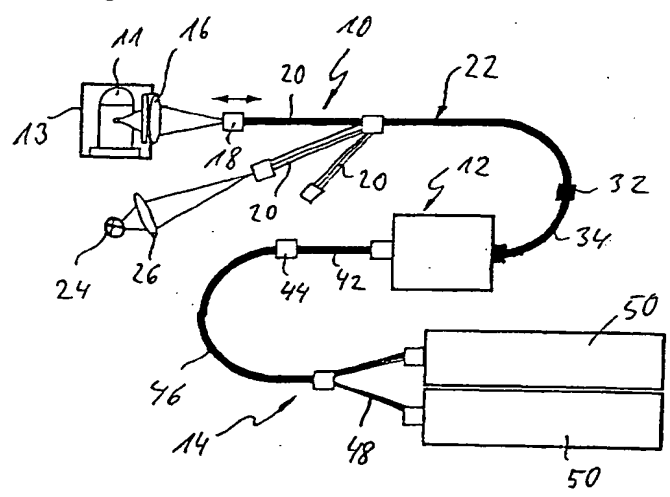
②1 Aktenzeichen: 100 02 106.9
②2 Anmeldetag: 19. 1. 2000
④3 Offenlegungstag: 3. 8. 2000

<p>⑥6 Innere Priorität: 299 01 464. 9 28. 01. 1999</p> <p>⑦1 Anmelder: J & M Analytische Mess- und Regeltechnik GmbH, 73431 Aalen, DE</p> <p>⑦4 Vertreter: Schaumburg und Kollegen, 81679 München</p>	<p>⑦2 Erfinder: Klein, Karl-Friedrich, Prof. Dr., 61169 Friedberg, DE; Mannhardt, Joachim, 73569 Eschach, DE</p>
--	--

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Kombinationslichtquelle und Analysesystem unter Verwendung derselben

⑤7 Eine Kombinationslichtquelle für einen Wellenlängenbereich von ca. 180 nm bis 2500 nm umfaßt eine Mehrzahl von Einzellichtquellen (11, 24) und einen faseroptischen Lichtleiter (22), in den die von den Einzellichtquellen (11, 24) abgegebene Strahlung über ein Einkoppelsystem einkoppelbar ist und der eingangsseitig in eine Mehrzahl von Teillichtleiter (20) aufgeteilt ist, die jeweils aus mindestens einer optischen Faser bestehen und die jeweils einer Einzellichtquelle (11 bzw. 24) zugeordnet und mit dieser über ein separates Einkoppelsystem (16, 26) gekoppelt sind.



DE 100 02 106 A 1

Die Erfindung betrifft eine Kombinationslichtquelle für einen Wellenlängenbereich von ca. 180 nm bis 2500 nm, umfassend eine Mehrzahl von einzelnen Lichtquellen und einen faseroptischen Lichtleiter, in den von den einzelnen Lichtquellen abgegebene Strahlung über ein Einkoppelsystem einkoppelbar ist.

In der Analytik mit spektroskopischen Methoden (Absorption, Fluoreszenz, ...) wird Licht verschiedener Wellenlängen verwendet. Der Infrarot (IR)-Bereich oberhalb von 1,0 μm wird vor allem mit InGaAs-, InAs- bzw. PbS-Detektoren abgedeckt, während im Ultravioletten (UV), sichtbaren (VIS) und nahen Infrarot (NIR)-Bereich von 190 nm bis 1,0 μm , insbesondere Silizium-Detektoren, z. B. Photodioden, Diodenarrays sowie CCD-Zeilen und CCD-Arrays zum Einsatz kommen.

Eine breitbandige Lichtquelle im Bereich von ca. 190 nm bis ca. 2,5 μm existiert bislang nicht. Sowohl bei der spektralen Leistung bzw. Leistungsdichte als auch bei der Abstrahlcharakteristik kann die Forderung nach ausreichender Homogenität unabhängig von der Wellenlänge nicht erfüllt werden. Deswegen hat man sogenannte Kombilampensysteme entwickelt, bei denen der gesamte Wellenlängenbereich mit zwei Lampen unterschiedlicher Spektren überdeckt wird. Für breitbandige Anwendungen werden vor allem Deuteriumlampen im UV-Bereich und Halogenlampen im VIS- bzw. IR- und NIR-Bereich verwendet. Es gibt zwei unterschiedliche Systeme, die kommerziell erhältlich sind. Bei dem einen System werden die Abstrahlcharakteristiken beider Lampen mit einem Spiegel, dessen Reflexion bzw. Transmission wellenlängenabhängig ist, kollinear überlagert. Bei dem anderen System wird eine Reihenschaltung von Halogenlampen und einer Deuteriumlampe ("Durchscheinlampe") verwendet.

In den letzten Jahren wurden in der Analytik die Volumina reduziert, um Kleinstmengen analysieren zu können. Hierzu ist eine Signalerhöhung notwendig, indem man durch Fokussieren des Lichtes die Leistungsdichte erhöht. Bei diesem Konzept können faseroptische Systeme als angepaßte Mikrosysteme eingesetzt werden.

Für die vorstehend genannten Anwendungen haben die oben genannten Kombilampensysteme den Nachteil, daß das Licht der beiden Lampen nicht optimal in das faseroptische System eingekoppelt werden kann. Es müssen Kompromisse bezüglich der spektralen Leistung und des Spektralbereiches gemacht werden:

a) Wenn eine Durchscheinlampe mit einer Halogenlampe verwendet wird, benötigt man einen breitbandigen Achromat. Jedoch ist die eingekoppelte Leistung gering, da die Apertur eines breitbandigen UV-Achromaten begrenzt ist und nur ein halber Öffnungswinkel von üblicherweise 0,08 rad zur Verfügung steht, wenn ein Wellenlängenbereich von ca. 200 bis 800 nm überdeckt wird.

b) Mit UV-Quarzglaslinsen großen Durchmessers kann entweder nur der UV-Bereich oder nur der VIS-IR-Bereich mit hoher Leistung optimal in das faseroptische System eingekoppelt werden, da aufgrund der Materialdispersion sich die Brennweiten der UV-Linsen insbesondere im UV-Bereich mit der Wellenlänge stark ändern.

c) Bei Spiegelsystemen ist die Fokussierung zwar wellenlängenunabhängig, sie sind jedoch sehr aufwendig zu justieren. Die erforderlichen UV-Reflexionsschichten sind entweder teuer oder werden durch das UV-Licht geschädigt, so daß die Transmission der Spiegel-

systeme nach kurzer Zeit im UV-Bereich stark reduziert ist.

Zu Punkt b) ist noch anzumerken, daß die Materialdispersion von Quarzglas und die sich daraus ergebende chromatische Aberration der Fokussierungslinse normalerweise zu unterschiedlichen Brennpunkten und auch unterschiedlichen radialen Toleranzen bei der Einkopplung in das faseroptische System führt. Zusätzlich wird auch ein unterschiedliches Modenspektrum bei der Einkopplung in das faseroptische System angeregt, so daß aufgrund der üblicherweise kurzen Länge der optischen Faser oder Fasern ein unterschiedliches Modenspektrum am Faserende vorliegt. Dadurch wird das Fernfeld der strahlenden Faserendfläche beeinflusst, so daß die Abstrahlcharakteristik vor allem im UV-Bereich stark unterschiedlich ist.

Weiterhin stören bei vielen spektroskopischen Anwendungen die schmalbandigen Emissionslinien der Deuteriumlampe im VIS-Bereich, z. B. bei ca. 480, 580 und 650 nm, so daß man einen wellenlängenselektiven Strahlteiler bzw. Spiegel einsetzen sollte. Der Spiegel als wellenlängenunabhängiges Element und die beiden Lampen müssen relativ aufwendig justiert werden, um über den gesamten Wellenlängenbereich eine optimale spektrale Leistung zu erhalten. Ferner sind diese Anordnungen teurer als eine Linsenordnung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Kombinationslichtquelle der eingangs genannten Art anzugeben, die an ihrem Ausgang eine relativ homogene Intensitätsverteilung über den gesamten Wellenlängenbereich hat und deren Leistung in den Spektralbereichen, insbesondere im UV-Bereich auf relativ einfache Weise verändert werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Lichtleiter eingangsseitig in eine Mehrzahl von Teillichtleitern aufgeteilt ist, die jeweils aus mindestens einer optischen Faser bestehen und die jeweils einer Einzellichtquelle zugeordnet und mit dieser über ein separates Einkoppelsystem gekoppelt sind.

Bei der erfindungsgemäßen Lösung kann nun nicht nur die Erzeugung der erforderlichen Strahlung durch die Verwendung einer geeigneten Lampe, sondern auch die Einkopplung des Lichtes in das faseroptische System in Anpassung an den jeweiligen Wellenlängenbereich optimiert werden. Dies ermöglicht es, am Ausgang des faseroptischen Systems, d. h. am Ausgang der Kombinationslichtquelle, Licht der geeigneten Wellenlänge mit relativ gleichförmiger Intensität zur Verfügung zu stellen.

Für den gesamten Wellenlängenbereich können beispielsweise drei Einzellampen vorgesehen sein, wobei beispielsweise für den Wellenlängenbereich von 180 bis 1050 nm zwei Einzellichtquellen verwendet werden, die vorzugsweise breitbandig sind, während der übrige Wellenlängenbereich von einer dritten Lampe abgedeckt wird. Für den UV-Wellenlängenbereich von 180 nm bis 400 nm kann man dabei in an sich bekannter Weise eine breitbandige Deuteriumlampe verwenden. Um den Wellenlängenbereich der Deuteriumlampe nach oben hin zu begrenzen kann zwischen der Deuteriumlampe und dem zugehörigen Teillichtleiter ein Kurzpassfilter mit einer Grenzwellenlänge von 350 bis 450 nm angeordnet sein.

Da das Einkoppelsystem jeweils nur für einen bestimmten Wellenlängenbereich ausgelegt werden muß, kann man auch ein Einkoppelsystem in Form einer Linsenanordnung verwenden. Zumindest die für den UV-Bereich bestimmte Linsenanordnung besteht dabei vorzugsweise aus Quarzglas. Alternativ kann auch Glas aus MgF verwendet werden. Die Linsenanordnung ermöglicht es, das Licht der Deuteriumlampe bei einer Wellenlänge mit maximaler Effizienz in

den zugehörigen Teillichtleitern einzukoppeln. Das Linsensystem kann auch einen UV-Achromaten umfassen.

Wenn der axiale Abstand zwischen der Linsenanordnung und dem Eintrittsende des Teillichtleiters einstellbar ist, kann die Wellenlänge optimaler Einkoppleffizienz ausgewählt werden. Für den UV-Bereich kann der Abstand beispielsweise so eingestellt werden, daß die Wellenlänge optimaler Einkoppleffizienz im Wellenlängenbereich unterhalb von 220 nm liegt.

Anstelle eines Linsensystems kann das Einkoppelsystem auch ein Spiegelsystem sein. Für die Einkopplung des Lichtes der Deuteriumlampe trägt die Spiegelfläche vorzugsweise eine UV-Reflexionsbeschichtung und hat eine wellenlängenunabhängige Abbildungscharakteristik.

Die räumliche Anordnung und Justierung des Spiegelsystems läßt sich vereinfachen, wenn für das Spiegelsystem ein off-axis-Spiegel verwendet wird. Das Spiegelsystem kann aber auch ein optimiertes System nach Gregory, Cassegrain oder Newton sein.

Nicht nur die Einkoppelsysteme, sondern auch die Fasern der verschiedenen Teillichtleiter können auf die verschiedenen Wellenlängenbereiche optimiert werden und somit beispielsweise aus unterschiedlichen Materialien bestehen. Insbesondere können sich die Fasern verschiedener Teillichtleiter in der Zusammensetzung des Kernglases und/oder Mantelglases bezüglich des Wassergehaltes, d. h. des Hydroxylgehaltes (-OH) und des Wasserstoffgehaltes (D₂) und bezüglich von Defekten unterscheiden. Auch können die Fasern verschiedener Teillichtleiter sich im Durchmesser des Faserkernes oder der Gesamtfaser unterscheiden. Auf diese Weise kann man die Faserquerschnittsfläche der spektralen Leistungsdichte des einzukoppelnden Lichtes anpassen.

Die für den UV-Bereich verwendeten Fasern bestehen vorzugsweise aus solarisationsarmem Quarzglas, während beispielsweise die Fasern der Teillichtleiter, die der oder den einzelnen Lichtquellen für den Wellenlängenbereich oberhalb von 400 nm zugeordnet sind, aus Standardglas mit hohem oder auch mit niedrigem Wasseranteil bestehen können. Für den Wellenlängenbereich oberhalb von 1050 nm sollten die Fasern zweckmäßigerweise aus wasserarmem Glas bestehen. Als weitere Möglichkeiten kommen kristalline IR-Fasern oder Fluorid-Fasern in Betracht.

Die Teillichtleiter werden vorzugsweise so zusammengeführt, daß der der UV-Lichtquelle zugeordnete Teillichtleiter am Austrittsende des Gesamtlichtleiters in dessen Zentrum liegt, während die Faser oder Fasern des oder der übrigen Teillichtleiter im Mantelbereich des Gesamtlichtleiters angeordnet sind. Wegen der geringeren Leistungsdichte der UV-Lichtquelle wird für die Übertragung des UV-Lichtes vorzugsweise eine relativ dicke Zentralfaser verwendet, während die Fasern der übrigen Teillichtleiter einen geringeren Durchmesser haben können. Die dünneren Fasern der übrigen Teillichtleiter können symmetrisch oder asymmetrisch bezüglich der an die UV-Lichtquelle angeschlossenen Zentralfaser angeordnet sein. Die asymmetrische Anordnung ist dabei vorzugsweise so gewählt, daß die um die Zentralfaser herumliegenden dünneren Fasern achsparallel nebeneinander liegen. Der Zweck dieser Anordnung wird weiter unten noch näher erläutert.

Für die Erzeugung breitbandigen Lichtes hoher Leistungsdichte können mehrere gleichartige Lampen verwendet werden, wobei unterschiedliche Wellenlängenbereiche dieser Lampen dadurch ausgewählt werden, daß sie einen unterschiedlichen Abstand zu den Eintrittsenden des ihnen jeweils zugeordneten Teillichtleiters haben.

Zur Vergleichmäßigung des von der Kombinationslichtquelle abgegebenen Lichtes über den gesamten Wellenlängenbereich hin ist es zweckmäßig, wenn der Gesamtlichtlei-

ter ausgangsseitig an einen Sammlerleiter angekoppelt ist, der wiederum aus einer einzelnen Faser oder aus einem Bündel gleichartiger Fasern bestehen kann. Die Kopplung erfolgt über einen Stecker. Dies gibt insbesondere die Möglichkeit, in dem Sammlerleiter einen Modenmischer anzubringen, der es ermöglicht, auch bei kurzer Länge des Sammlerleiters eine Modengleichverteilung zu erreichen.

Das Vorsehen des Sammlerleiters ermöglicht es ferner, aus dem am Ausgang der Kombinationslichtquelle angebotenen Strahlungsspektrum Licht einer bestimmten Wellenlänge auszuwählen, indem nur Licht aus einem bestimmten Querschnittsbereich des Austrittsendes des Gesamtlichtleiters in den Sammlerleiter eingekoppelt wird. Hierzu ist es zweckmäßig, wenn das Eintrittsende des Sammlerleiters und das Austrittsende des Gesamtlichtleiters radial und/oder axial relativ zueinander verstellbar sind. Durch eine radiale Verschiebung des Eintrittsendes des Sammlerleiters relativ zum Austrittsende des Gesamtlichtleiters kann ein bestimmter Teil des Querschnittes des Austrittsendes des Gesamtlichtleiters in Flucht mit dem Eintrittsende des Sammlerleiters gebracht werden und somit ein bestimmter Teil der Querschnittsfläche ausgeblendet oder eingeblendet werden. Wegen des unterschiedlichen Durchmessers der Fasern der Teillichtleiter in dem Gesamtlichtleiter und wegen des unterschiedlichen Austrittswinkels des Lichtes aus diesen Fasern kann eine entsprechende Steuerung auch durch eine Veränderung des axialen Abstandes zwischen dem Eintrittsende des Sammlerleiters und dem Austrittsende des Gesamtlichtleiters erreicht werden. Dieser Effekt läßt sich noch dadurch verstärken, daß die Austrittsenden der die Zentralfaser oder den zentralen Teillichtleiter umgebenden Fasern gegenüber der Achse der zentralen Faser geneigt sind.

Die vorstehenden beschriebenen Effekte werden auch durch das Durchmesser Verhältnis von Sammlerleiter und Gesamtlichtleiter beeinflusst, wobei der Durchmesser des Sammlerleiters gleich oder größer als der maximale Durchmesser der lichtführenden Kernbereiche der Fasern im Gesamtlichtleiter sein kann, so daß bei koaxialer Anordnung der beiden Lichtleiter das von dem Gesamtlichtleiter austretende Licht im wesentlichen vollständig in den Sammlerleiter eingekoppelt werden kann. Um den Sammlerleiter biegsam zu halten, kann die Anordnung auch so getroffen sein, daß das Eintrittsende des Sammlerleiters ein konisches Einkoppelteil hat, dessen Eingangsdurchmesser gleich oder größer als der maximale Durchmesser der lichtführenden Kernbereiche der Fasern im Gesamtlichtleiter ist, während das dem Gesamtlichtleiter ferne Ende des konischen Einkoppelteiles einen geringeren Durchmesser hat, der so gewählt ist, daß der sich anschließende zylindrische Sammlerleiter ausreichend biegsam ist, um beispielsweise durch einen Modenmischer geführt werden zu können.

Mit der erfindungsgemäßen Kombinationslichtquelle kann man erreichen, daß die einer bestimmten Anwendung zugewandte Faserendfläche des Gesamtlichtleiters als UV-VIS-IR-Strahler betrachtet werden kann, dessen Abstrahlcharakteristik nahezu wellenlängenunabhängig ist und nur durch die numerische Apertur der Fasern von ca. 0,24 im UV-Bereich und 0,22 im NIR-Bereich bestimmt wird. Damit wird erreicht, daß bei einer Verwendung der Kombinationslichtquelle das gleiche Beobachtungsvolumen ausgeleuchtet wird.

Die Erfindung betrifft ferner ein optisches Analysesystem zur spektrometrischen Untersuchung von Proben mit mindestens einer Lichtquelle, einer Meßzelle zur Aufnahme der Probe und einer Spektrometranordnung. Erfindungsgemäß ist dabei die Lichtquelle eine Kombinationslichtquelle der vorstehend beschriebenen Art, wobei die Spektrometranordnung mindestens zwei Spektrometer umfaßt, und der op-

tische Eingang der Meßzelle mit dem Austrittsende des Gesamtlichtleiters oder Sammellichtleiters der Kombinationslichtquelle und der optische Ausgang der Meßzelle mit dem Eintrittsende eines Faserbündels gekoppelt ist, das austrittsseitig in den Spektrometern zugeordnete Teilbündel aufgeteilt ist.

Das durch die Meßzelle hindurchgetretene Licht wird nun durch die Aufspaltung des zwischen der Meßzelle und der Spektrometeranordnung vorgesehenen Detektorfaserbündels auf die verschiedenen Spektrometer verteilt, so daß das Licht in den verschiedenen Wellenlängenbereichen analysiert werden kann. Vorzugsweise sind dabei die Fasern der Teilbündel austrittsseitig in Anpassung an den Spektrometerspalt linear nebeneinander angeordnet. Die Fasern der Teilbündel können auf der Eintrittsseite des Faserbündels regellos über dessen Querschnitt verteilt sein. Vorzugsweise sind die Fasern aber auf der Eintrittsseite des Faserbündels regelmäßig so angeordnet, daß das Beobachtungsvolumen gleichmäßig erfaßt wird, d. h., daß jedes Teilbündel gleiche Lichtanteile an den gleichen Bereichen des Beobachtungsvolumen erhält.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung, welche in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 den schematischen Aufbau eines erfindungsgemäßen Analysesystems und einer erfindungsgemäßen Kombinationslichtquelle.

Fig. 2 eine schematische Darstellung des Aufbaus einer Kombinationslichtquelle mit zwei Einzellichtquellen,

Fig. 3 eine schematische Darstellung der Eintrittsenden der Teillichtleiter und des Austrittsendes des Gesamtlichtleiters gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 4 eine der **Fig. 3** entsprechende Darstellung für verschiedene Varianten der Faseranordnung in dem Gesamtlichtleiter,

Fig. 5 eine schematische Darstellung der Schnittstelle zwischen dem Gesamtlichtleiter und dem Sammellichtleiter bei coaxialer Anordnung der beiden Lichtleiter,

Fig. 6 eine schematische Darstellung der überlagerten Querschnitte des Gesamtlichtleiters und des Sammellichters bei coaxialer Anordnung gemäß **Fig. 5**,

Fig. 7 eine der **Fig. 5** entsprechende Darstellung mit radial gegeneinander verschobenen Lichtleitern,

Fig. 8 eine der **Fig. 6** entsprechende Darstellung bei radial gegeneinander verschobenen Lichtleitern,

Fig. 9 eine der **Fig. 5** entsprechende Darstellung gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 10 eine der **Fig. 6** entsprechende Darstellung für die in **Fig. 9** dargestellte Ausführungsform,

Fig. 11 eine der **Fig. 5** entsprechende Darstellung mit einem gegenüber dem Gesamtlichtleiter axial verstellbaren Sammellichtleiter,

Fig. 12 und **13** schematische Darstellungen der Schnittstelle zwischen Gesamtlichtleiter und Sammellichtleiter für unterschiedliche Anordnungen der eine zentrale Faser in dem Gesamtlichtleiter umgebenden Fasern,

Fig. 14 eine der **Fig. 5** entsprechende Darstellung für eine weitere Ausführungsform der Erfindung mit einem konischen Eingangsteil des Sammellichtleiters.

Das in **Fig. 1** dargestellte Analysesystem umfaßt eine Kombinationslichtquelle 10, eine Meßzelle 12 und eine Detektoranordnung 14.

Die Kombinationslichtquelle 10 hat eine erste Lampe 11, die beispielsweise eine breitbandige Standarddeuteriumlampe ist. Diese ist in einem Kühlkörper 13 eingebaut. Das von der Deuteriumlampe erzeugte UV-Licht wird mittels einer UV-Linsenordnung 16, bestehend aus synthetischem

Quarzglas oder aus einem anderen UV-transmittierenden Material wie Magnesium- oder Kalziumfluorid oder einem UV-Achromat auf das Eintrittsende 18 eines Teillichtleiters 20 fokussiert, der zusammen mit weiteren Teillichtleitern 20 zu einem Gesamtlichtleiter 22 vereinigt ist. Eine weitere Einzellichtquelle ist von einer Halogenlampe 24 gebildet, die Licht im sichtbaren und infraroten Wellenlängenbereich aussendet. Das erzeugte Licht wird mit Hilfe einer Linsenordnung 26 auf das Eintrittsende des dieser Lampe 24 zugeordneten Teillichtleiters 20 fokussiert. Wie der weitere Teillichtleiter 20 zeigt, können auch noch weitere Einzellichtquellen vorgesehen sein. Jeder Teillichtleiter kann aus einer Einzelfaser oder aus einem Bündel dünner Fasern bestehen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist der der Deuteriumlampe 11 zugeordnete Teillichtleiter von einer Einzelfaser 30 gebildet (**Fig. 2**), während der der Halogenlampe 24 zugeordnete Teillichtleiter 20 aus einem Bündel dünner Fasern 28 besteht.

Fig. 3 zeigt auf ihrer linken Seite die beiden Eintrittsenden der Teillichtleiter 20, nämlich oben das der Halogenlampe 24 zugeordnete Bündel aus dünnen Fasern 28 und unten die der Deuteriumlampe 11 zugeordnete Einzelfaser 30. Auf der rechten Seite der **Fig. 3** erkennt man dann das Austrittsende des Gesamtlichtleiters 22 mit der in der Mitte angeordneten zentralen Einzelfaser 30 und den symmetrisch bezüglich der Einzelfaser im Kreis um die Einzelfaser 30 herum angeordneten Fasern 28 des Faserbündels.

Fig. 4 zeigt verschiedene Möglichkeiten der Anordnung der Fasern 28 um die zentrale Faser 30, wobei auf der rechten Hälfte der **Fig. 4** oben eine erste Ausführungsform dargestellt ist, bei der die dünnen Fasern des der Halogenlampe zugeordneten Teillichtleiters asymmetrisch bezüglich der Achse der zentralen Einzelfaser 30 eng nebeneinander angeordnet sind. Bei der darunter liegenden Anordnung sind die Fasern 28 symmetrisch im Kreis um die Einzelfaser 30 herum angeordnet. Die dritte Ausführungsform schließlich zeigt eine Anordnung, bei welcher der der Halogenlampe zugeordnete Teillichtleiter nur eine einzige Faser 28 hat.

Der Gesamtlichtleiter 22 ist über einen Stecker 32 mit einem Sammellichtleiter 34 verbunden, der seinerseits wiederum aus einer Einzelfaser oder einem Faserbündel bestehen kann. **Fig. 5** zeigt den Sammellichtleiter 34 in Form einer Einzelfaser, deren Durchmesser dem der zentralen Einzelfaser 30 in dem Gesamtlichtleiter 22 entspricht.

Der Sammellichtleiter 34 ist bezüglich des Gesamtlichtleiters 22 in radialer Richtung und axialer Richtung verstellbar, wie dies durch die Pfeile 36 und 38 in **Fig. 5** angedeutet ist. Befinden sich der Gesamtlichtleiter 22 und der Sammellichtleiter 34 in der in **Fig. 5** dargestellten Stellung relativ zueinander, so zeigt **Fig. 6**, daß praktisch nur Licht aus der zentralen Einzelfaser 30 des Gesamtlichtleiters 22 in den Sammellichtleiter 34 übertreten kann. Licht aus den Fasern 28, welche die zentrale Faser 30 umgeben, wird dagegen nicht in den Sammellichtleiter 34 eingekoppelt.

Wird dagegen der Sammellichtleiter 34 relativ zu dem Gesamtlichtleiter 22 radial verstellt, wie dies **Fig. 7** zeigt, so wird nun ein Teil der Querschnittsfläche der Einzelfaser 30 abgedeckt, dafür aber Licht der Faser 28 in den Sammellichtleiter 34 übertragen, wie dies die Darstellung der **Fig. 8** zeigt.

In **Fig. 5** erkennt man ferner einen mit 40 bezeichneten Modenmischer, mit dessen Hilfe das Modenvolumen in dem Sammellichtleiter 34 so verändert werden kann, daß die Abstrahlcharakteristik am Austrittsende des Sammellichtleiters 34 nahezu wellenlängenunabhängig wird.

Fig. 9 zeigt eine weitere Möglichkeit des kontinuierlichen Veränderns der von den beiden Lampen 11 und 24 stammenden Lichtanteile durch eine axiale Verschiebung des Sammellichtleiters 34 relativ zum Gesamtlichtleiter 22. Der Sammel-

leiter 34 hat einen Durchmesser, der gemäß Fig. 9 größer ist als der maximale Durchmesser der lichtführenden Querschnittsfläche des Gesamtleiters 22. Somit wird bei der koaxialen Anordnung der beiden Lichtleiter gemäß Fig. 9 nicht nur das Licht aus der zentralen Faser 30, sondern auch das Licht aus den radial äußeren dünneren Fasern 28 des Gesamtleiters 22 in den Sammelleiter 34 eingekoppelt. Wird nun gemäß der Fig. 11 der Sammelleiter 34 von dem Gesamtleiter 22 axial entfernt, so tritt zwar noch ein relativ großer Anteil der zentralen Faser 30 in den Sammelleiter 34 ein, der Anteil des aus den radial äußeren Einzelfasern 28 austretenden Lichtes, das noch in die Sammelfaser 34 gelangen kann, wird dagegen drastisch vermindert, wie dies Fig. 12 zeigt.

Fig. 13 zeigt wiederum eine Ausführungsform, bei der die Enden der ringförmig um die Zentralfaser 30 herum angeordneten Bündelfasern 28 nicht parallel zur Achse der Zentralfaser 30 liegen, sondern gegenüber dieser gekippt angeordnet sind, so daß wiederum der größte Anteil der von diesen radial äußeren Fasern ausgehenden Strahlen in die Sammelfaser 34 gelangen kann. Auf diese Weise läßt sich das Verhältnis der Lichtanteile verändern. Allerdings kann in diesem Fall die Faserendfläche so gekrümmt sein, daß der maximale Winkel der Abstrahlcharakteristik deutlich reduziert wird; die gekrümmte Endfläche wirkt wie eine Kollimatorlinse.

Fig. 14 zeigt eine Anordnung, bei der ähnlich wie bei der Ausführungsform gemäß Fig. 9 die Lichtanteile aller Fasern in die Sammelfaser eingekoppelt werden können, wobei das Eintrittsende der Sammelfaser 34 konisch ausgebildet ist. Dies gibt die Möglichkeit, auch bei einem großen Querschnitt des Gesamtleiters 22 alle Lichtanteile in die Sammelfaser einzukoppeln, andererseits aber einen relativ geringen Querschnitt des Sammelleiters 34 beizubehalten, so daß dieser eine gewisse Flexibilität behält, die erforderlich ist, damit der Sammelleiter auf einer kurzen Länge durch den Modenmischer geführt werden kann. Es ist anzumerken, daß das konische Teilstück das Modenvolumen so ändert, daß man sich dem Modengleichgewicht nähert.

Gemäß Fig. 1 ist das Austrittsende des Sammelleiters 34 an den optischen Eingang einer Meßzelle 12 angeschlossen. Diese kann beispielsweise an einer Absorptionszelle, eine Fluoreszenzzelle, eine Reflexionszelle oder Kapillare bzw. ein Flüssigkeitslichtwellenleiter sein, um Wasserverunreinigungen oder dergleichen zu messen. Zum Beispiel kann die Kapillare an der Innenoberfläche mit einer Teflonbeschichtung versehen sein, so daß die Kapillare zusammen mit der zu untersuchenden Flüssigkeit einen Lichtwellenleiter erzeugt. Dies ermöglicht große Absorptionslängen.

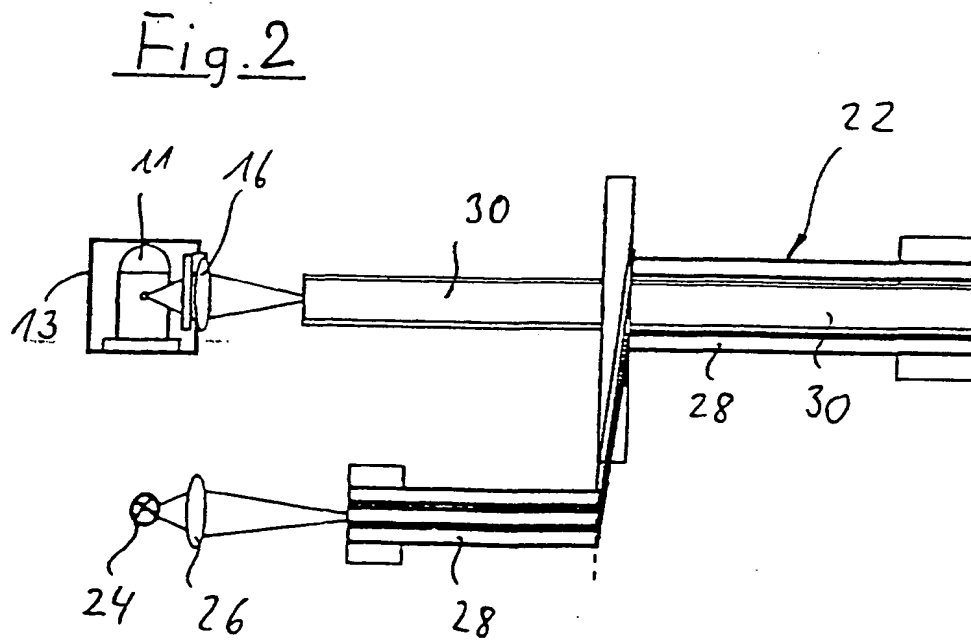
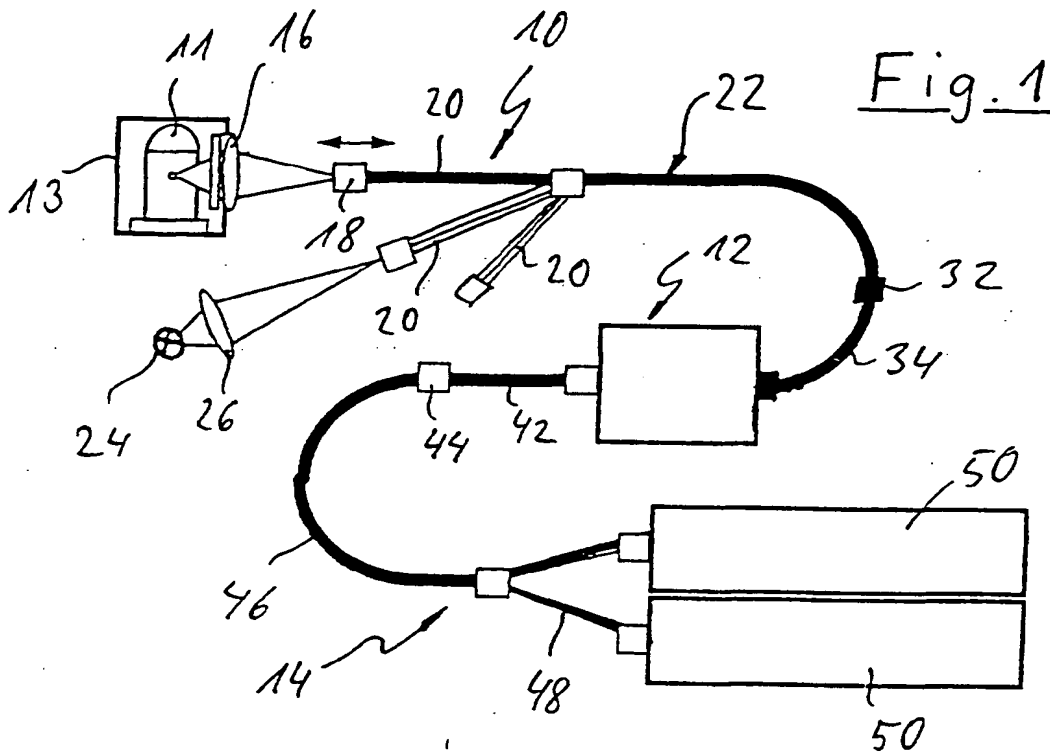
An den optischen Ausgang der Meßzelle 12 schließt sich wiederum ein Lichtleitersystem an, das ähnlich aufgebaut ist, wie die Lichtleiter 22 und 34 auf der Eingangsseite. So ist an die Meßzelle 12 unmittelbar eine Einzelfaser 42 eingekoppelt, die über einen Stecker 44 mit einem Faserbündel 46 verbunden ist. Dieses besteht im Gegensatz zu dem Gesamtleiter 22 aus Fasern eines einheitlichen Fasertyps, die ebenso wie die Einzelfaser 42 vorzugsweise aus Quarzglas mit einem geringen Wassergehalt besteht. Auf der Ausgangsseite ist das Faserbündel 46 in Teilbündel 48 aufgeteilt, die jeweils zu einem faseroptischen Sensor, beispielsweise einem Spektrometer 50 führen, wobei die Spektrometer 50 jeweils einen speziellen Wellenlängenbereich überdecken. Die Einzelfasern der Teilbündel 48 können dabei auf der dem jeweiligen Spektrometer 50 zugekehrten Austrittsseite in einer linearen Anordnung nebeneinander angeordnet sein. Weiterhin kann der Modenmischer in den Stecker integriert werden, vor allem dann, wenn die Sammelfaser relativ kurz ist.

Patentansprüche

1. Kombinationslichtquelle für einen Wellenlängenbereich von ca. 180 nm bis 2500 nm, umfassend eine Mehrzahl von Einzellichtquellen (11, 24) und einen faseroptischen Lichtleiter (22), in den die von den Einzellichtquellen (11, 24) abgegebene Strahlung über ein Einkoppelsystem einkoppelbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Lichtleiter (22) eingangsseitig in eine Mehrzahl von Teillichtleiter (20) aufgeteilt ist, die jeweils aus mindestens einer optischen Faser (30, 28) bestehen und die jeweils einer Einzellichtquelle (11 bzw. 24) zugeordnet und mit dieser über ein separates Einkoppelsystem (16, 26) gekoppelt sind.
2. Kombinationslichtquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für den gesamten Wellenlängenbereich mindestens zwei, vorzugsweise drei Einzel Lampen vorgesehen sind.
3. Kombinationslichtquelle nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß für den Wellenlängenbereich von 180 bis 1050 nm zwei Einzellichtquellen vorgesehen sind.
4. Kombinationslichtquelle nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Einzellichtquellen breitbandig sind, oder daß eine der Einzellichtquellen breitbandig und die andere Einzellichtquelle als Linienstrahler ausgebildet ist.
5. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine der Lichtquellen eine breitbandige Deuteriumlampe (11) für den UV-Wellenlängenbereich von ca. 180 nm bis 400 nm ist.
6. Kombinationslichtquelle nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Deuteriumlampe (11) und dem zugehörigen Teillichtleiter (20) ein Kurzpaßfilter mit einer Grenzwellenlänge von 350 bis 450 nm angeordnet ist.
7. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Einkoppelsystem eine Linsenanordnung (16, 26) ist.
8. Kombinationslichtquelle nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens die für den UV-Bereich bestimmte Linsenanordnung (16) aus Quarzglas besteht.
9. Kombinationslichtquelle nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Einkoppelsystem einen UV-Achromaten umfaßt, der vorzugsweise unterschiedliche UV-Strahlung durchlassende Materialien enthält.
10. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der axiale Abstand zwischen der Linsenanordnung (16, 26) und dem Eintrittsende des Teillichtleiters (20) jeweils einstellbar ist.
11. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das jeweilige Einkoppelsystem ein Spiegelsystem enthält.
12. Kombinationslichtquelle nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelfläche eine UV-Reflexionsbeschichtung trägt und eine wellenlängenunabhängige Abbildungscharakteristik hat.
13. Kombinationslichtquelle nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Spiegelsystem von einem off-axis-Spiegel gebildet ist.
14. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Spiegelsystem ein optimiertes System nach Gregory, Cassegrain oder Newton ist.
15. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprü-

- che 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die zu verschiedenen Teillichtleitern (20) gehörenden Fasern aus unterschiedlichen Materialien bestehen.
16. Kombinationslichtquelle nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Fasern verschiedener Teillichtleiter (20) in der Zusammensetzung des Kernglases und/oder Mantelglases bezüglich des Wassergehaltes und bezüglich von Defekten unterscheiden.
17. Kombinationslichtquelle nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Fasern verschiedener Teillichtleiter (20) im Durchmesser des Faserkernes oder der Faser unterscheiden.
18. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die für den UV-Bereich verwendeten Fasern aus solarisationsarmem Quarzglas bestehen.
19. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Fasern der Teillichtleiter (20), die der oder den Einzellichtquellen (24) für den Wellenlängenbereich oberhalb von 400 nm zugeordnet sind, aus Standardglas, vorzugsweise Quarzglas, mit hohem oder niedrigem Wasseranteil bestehen.
20. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Fasern der Teillichtleitern (20), die der oder den Einzellichtquellen für den Wellenlängenbereich oberhalb von 1050 nm zugeordnet sind, aus wasserarmem Glas bestehen.
21. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der der UV-Lichtquelle (12) zugeordnete Teillichtleiter (30) am Austrittsende des Gesamtlichtleiters (22) im Zentrum und die Faser oder Fasern (28) des oder der übrigen Teillichtleiter (20) um den zentralen Teillichtleiter (30) herum angeordnet sind.
22. Kombinationslichtquelle nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die um den zentralen Teillichtleiter (30) liegenden Fasern (28) symmetrisch bezüglich der Lichtleiterachsen angeordnet sind.
23. Kombinationslichtquelle nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die um den zentralen Teillichtleiter (30) liegenden Fasern (28) asymmetrisch bezüglich der Lichtleiterachse angeordnet sind.
24. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die nicht-UV-Lampen gleich sind und daß sie einen unterschiedlichen Abstand zu dem jeweiligen Eintrittsende der ihnen zugeordneten Teillichtleiter (20) haben.
25. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter (22) ausgangsseitig an einem Sammelleiter (34) angekoppelt ist.
26. Kombinationslichtquelle nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Sammelleiter (34) eine Einzelfaser ist.
27. Kombinationslichtquelle nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Sammelleiter (24) ein Faserbündel aus gleichen Fasern ist.
28. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprüche 25 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser des Sammelleiters (34) gleich oder größer als der maximale Durchmesser der lichtführenden Kernbereiche der Fasern (30, 28) im Gesamtlichtleiter (22) ist.
29. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprüche 25 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich des Sammelleiters (34) ein Modenmischer (40) angeordnet ist.
30. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprüche 25 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Faser oder Fasern des Sammelleiters (34) aus solarisationsarmem und wasserfreiem Quarzglas bestehen.
31. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprüche 25 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß das Eintrittsende des Sammelleiters (34) und das Austrittsende des Gesamtlichtleiters (22) radial und/oder axial relativ zueinander verstellbar sind.
32. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprüche 25 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß das Eintrittsende des Sammelleiters (34) ein konisches Einkoppelteil hat, dessen Eingangsdurchmesser gleich oder größer als der maximale Durchmesser der lichtführenden Kernbereiche der Fasern (28, 30) des Gesamtlichtleiters (22) ist.
33. Kombinationslichtquelle nach einem der Ansprüche 21 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Achse der um den zentralen Teillichtleiter (30) herum angeordneten Fasern (28) gegenüber der Achse des zentralen Teillichtleiters (30) geneigt sind.
34. Optisches Analysesystem zur spektrometrischen Untersuchung von Proben mit mindestens einer Lichtquelle, einer Meßzelle zur Aufnahme der Probe und einer Spektrometeranordnung, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle eine Kombinationslichtquelle (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 33 ist, daß die Spektrometeranordnung mindestens zwei Spektrometer (50) umfaßt, daß der optische Eingang der Meßzelle (41) mit dem Austrittsende des Gesamtlichtleiters (22) oder Sammelleiters (34) der Kombinationslichtquelle (10) gekoppelt ist und daß der optische Ausgang der Meßzelle (41) mit dem Eintrittsende eines Faserbündels (42, 46) gekoppelt ist, das austrittsseitig in den Spektrometern (50) zugeordnete Teilbündel (48) aufgespalten ist.
35. Analysesystem nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß die Fasern der Teilbündel (48) austrittsseitig linear nebeneinander angeordnet sind.
36. Analysesystem nach Anspruch 34 oder 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Fasern der Teilbündel (48) auf der Eintrittsseite des Faserbündels regellos über den Querschnitt desselben verteilt sind.
37. Analysesystem nach Anspruch 34 oder 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Fasern der Teilbündel (48) auf der Eintrittsseite des Faserbündels (42, 46) regelmäßig so angeordnet sind, daß das Beobachtungsvolumen gleichmäßig erfaßt wird.
38. Analysesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche 34 bis 37, dadurch gekennzeichnet, daß das Faserbündel (46) eine Einzelfaser mit optimierter Transmission enthält.
39. Analysesystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche 34 bis 38, dadurch gekennzeichnet, daß die Faser oder Fasern des Sammelleiters (34) aus solarisationsarmem und wasserfreiem Quarzglas bestehen.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen



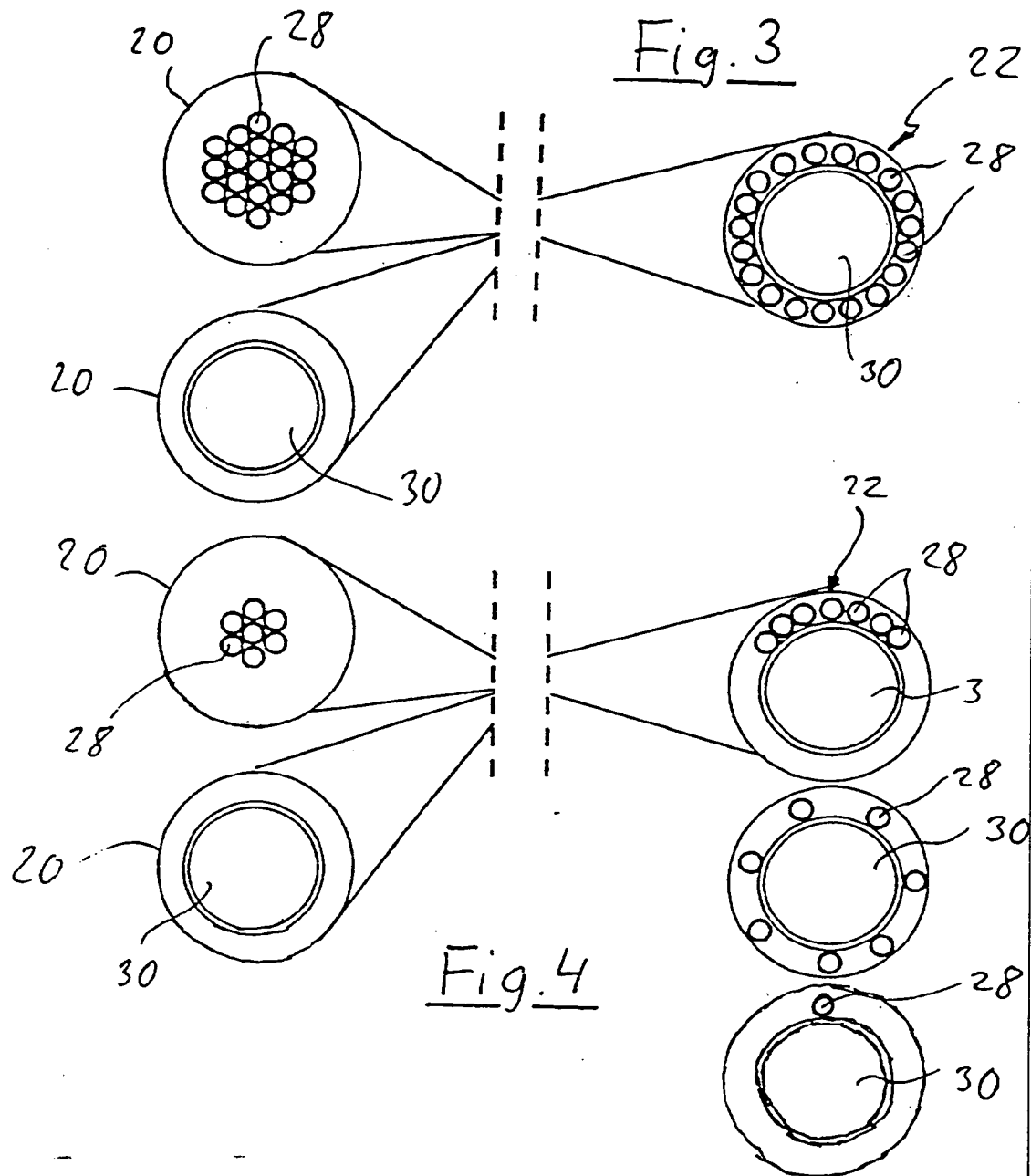
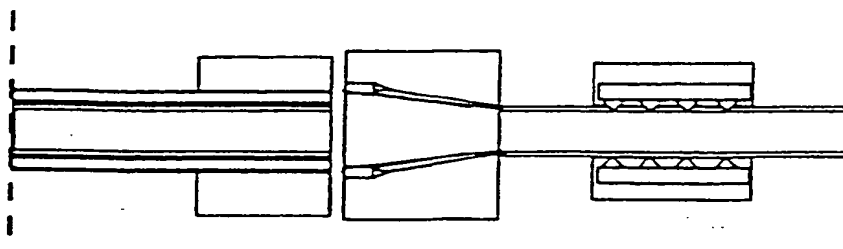


Fig. 14



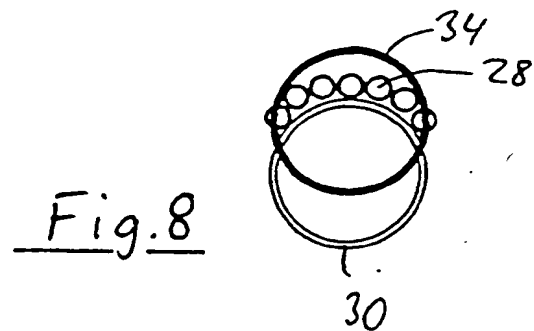
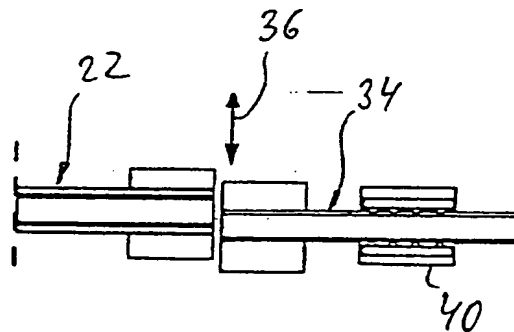
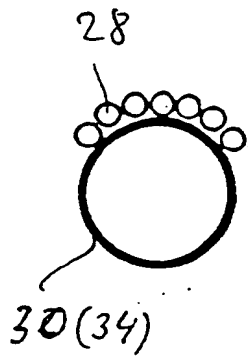
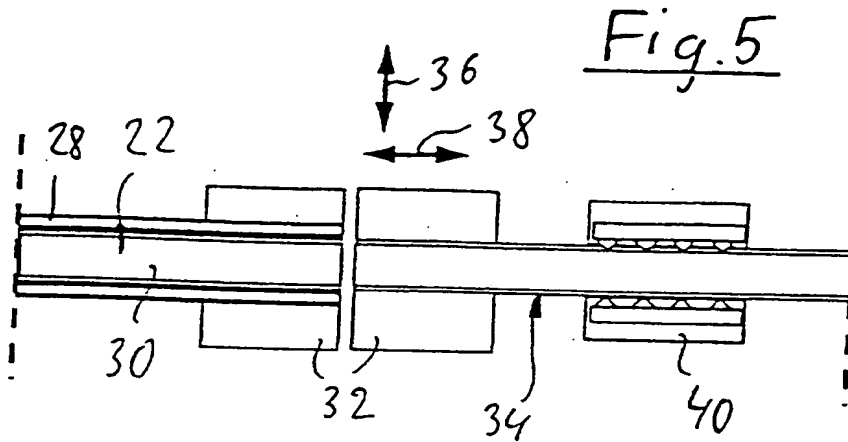


Fig. 9

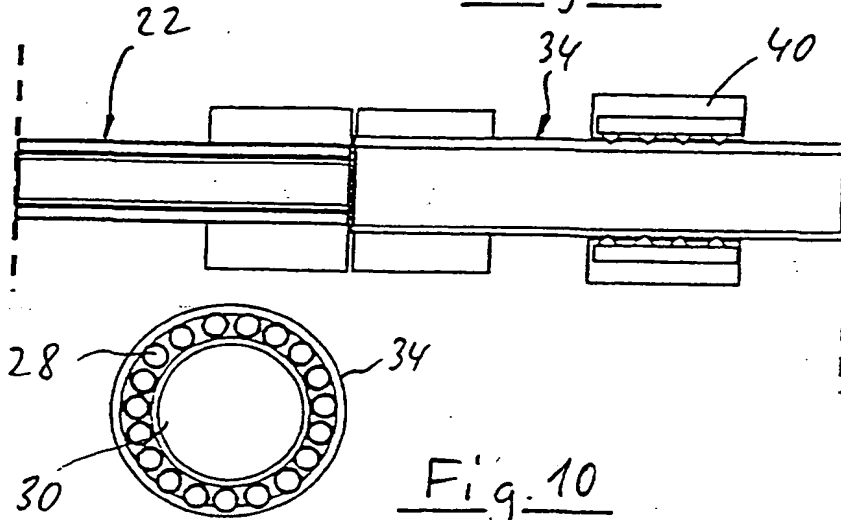


Fig. 10

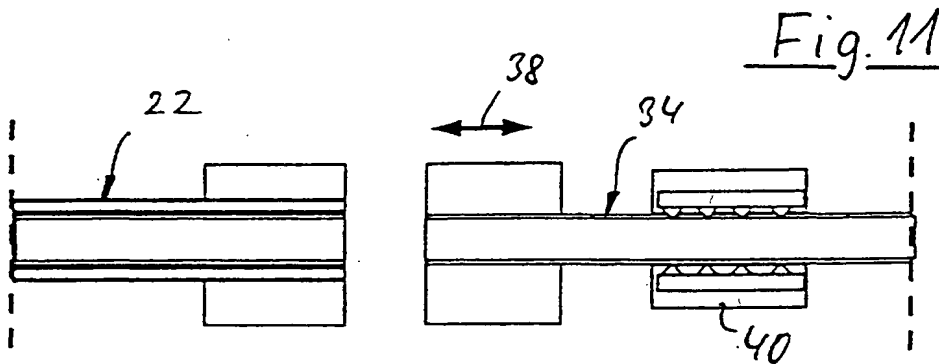


Fig. 11

Fig. 12

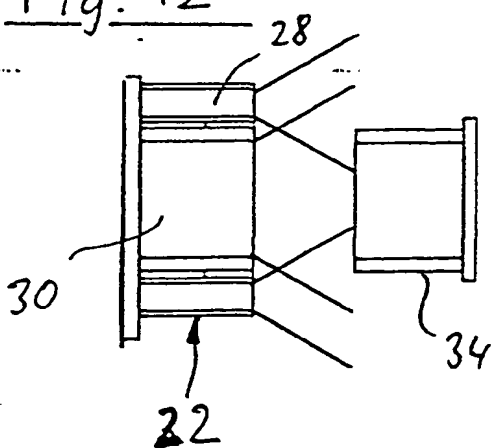


Fig. 13

